

多チャンネルAE標定装置の開発

Development on Multichannel AE Location System

山口 楠雄*・市川 初男*・阿藤 壽孝*

Kusuo YAMAGUCHI, Hatsuo ICHIKAWA, Hisataka ATOH,

山上 典男*・中井 幸夫*

Norio YAMAKAMI and Yukio NAKAI

1. ま え が き

本システムの開発は巨大構造物の破壊予知情報の収集と標定に関する研究としてはじめられたものである。この研究の必要性および関連する分野の詳細についてはすでに述べられているが¹¹⁾、この事業においては大型構造物の検査あるいは試験時の欠陥検出および破壊予知に使用できるアコースティック・エミッション(AE)を利用したシステムの開発および構造物の常時監視に役立つシステムの検討と基礎的な開発を目的としてきた。

AEについての本所における研究についてはこの臨時事業の各年度の小特集における報告^{11), 16), 21)}を含めてすでに数多く発表されている。本臨時事業期間中にはすでにそれ以前に開発した標定システム^{1)~3)}の原型を改善した装置¹⁵⁾を製作し、ソフトウェアの新たな開発を行い¹⁸⁾、このシステムにより2回の圧力容器の破壊試験に参加して良い結果を得ており^{20), 22)}、ほぼ当初の研究目的を達成することができた。しかし、災害防止に十分に役立つには構造物の常時監視あるいは挙動記録等に利用できるシステムの開発がさらに要望されている。

2. 研究計画と経過

AE標定に関係する研究課題にはきわめて多様なものがあるが、我々は従来から研究してきた装置をさらに進展させた次のようなシステムを開発することをまず計画した。

- (1) 雑音除去、標定処理および集計処理などの能率が高く、かつ処理が高速で行えること。
- (2) 多チャンネルの入力が可能で構造物の規模等に応じてチャンネル数に拡張性があること。
- (3) 取扱いが容易で研究室および野外実験の両方に使用できること。
- (4) 圧力容器の試験等に実用的に使用できること。

この装置は高信頼性、低コストで実現できるように配慮し、また常時監視など種々の研究にも役立つように考慮した。この装置の開発のほかにはAEについての基礎的な検討、広い観点からのシステムの構成、素子の検討な

どを行うことを考えた。以上を通じて防災上有効な破壊予知に役立つ方法あるいは指針をもたらすことを目標とした。

研究経過として、まず49年度に9チャンネルを1ユニットとしてユニット単位でチャンネル数を容易に増減できる時間差計測装置を開発製作し既設のミニコンと結合した標定システムを実現した。50年度には高性能の標定ソフトウェアを新たに開発し、また前置増幅器の低雑音化を行った。51年度には標定結果の表示方法を改良し、ラインプリンタによる図形出力機能を付加し、またAE波形の記録、処理およびモデル化など将来の発展のための検討をはじめた。

以上のシステムの開発とともに50年11月および51年12月には装置の性能を確認するため日本高圧力技術協会主催の圧力容器静水圧破壊試験に参加して良好な結果を得るとともに多くの貴重なデータを得た。

3. 標定システムの概要

AE波形情報の記録・処理装置およびAE標定システムの概要を図1のブロック図に示す。標定装置について

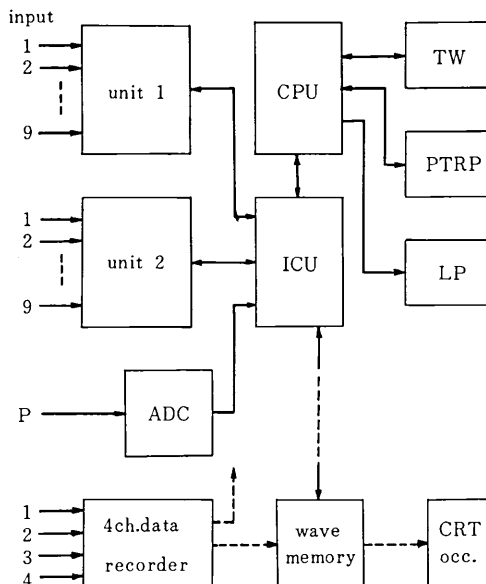


図1 標定および記録システムのブロック図

*東京大学生産技術研究所 第3部

はすでに詳しく報告している^{15), 18)}。ユニット1とユニット2は各9チャンネルの時間差計測装置で、8ユニットまで容易に増設できる。CPUはパナファコムU-200 (32KB)である。TW, PTRP, LPはそれぞれタイプライタ、紙テープ入出力装置、ラインプリンタである。ADCは圧力等のアナログ入力に用いる。

データレコーダは4チャンネル、200kHzのもので出力をウェーブメモリによりAD変換し、CPUによる処理あるいは波形表示を行う。

このAE標定装置の主な開発点あるいは特色は次の通りである。

- (1) 計測制御を含めてユニット化された時間差計測装置による拡張性、計測損失の低下、処理の容易さ。
- (2) スタートマスク回路およびスタートディレイ回路による計測開始時の誤計測の防止機能。
- (3) 補正係数方式による3および4センサの両方についての高速・高精度の標定機能。
- (4) ソフトウェアによる各種の雑音除去機能。
- (5) マルチリストと多重処理による高い標定および集計能力。
- (6) 会話形式による各種標定パラメータの迅速な変更機能。
- (7) 実験中に利用し易く、参照に便利な図形と数値データの同時表示機能。

以上のはかに増幅器系には利得、帯域の精密な撰択が確実に行えるとともに、安定度が高い特徴がある。

図1のデータレコーダを含むAE波形等の計測装置はAE信号の識別の高度化のための基礎的な検討に利用しており、他に開発中の多チャンネル模擬AE発生装置等とともに異常監視等の研究にも役立てるためのものである。

4. 本装置を用いた実験

本装置の原型である装置は原子炉模型の繰返し疲労試験に用いて好成績を収めた¹³⁾。本装置は研究室において小規模の標定実験、基礎実験およびデータ集計等に常

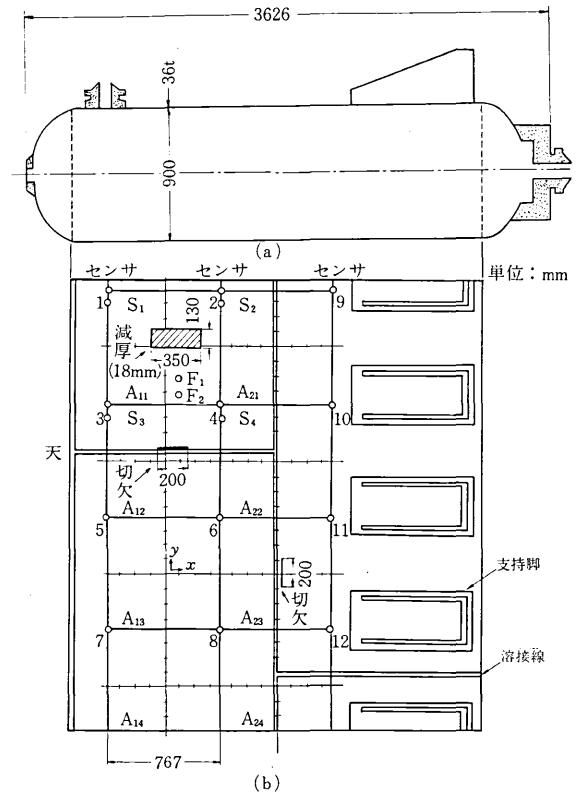


図2 圧力容器の断面図(a)および展開図ならびにセンサ及び人工欠陥の配置(b)

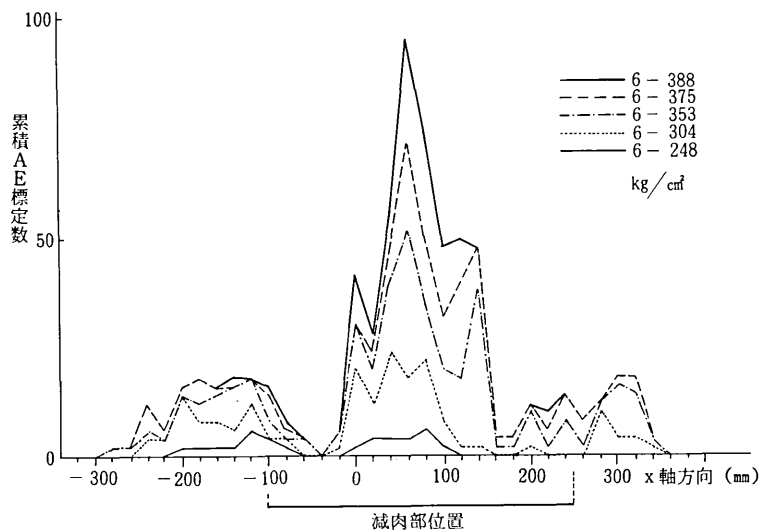


図3 減肉部エリアの軸方向(x方向)場所別累積標定数

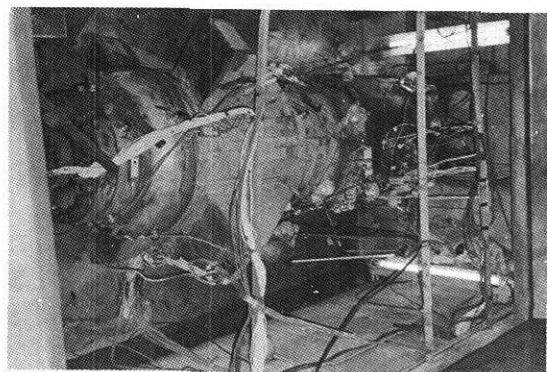
時使用しているほかにまえがきにおいて述べたように所外における2回の圧力容器静水圧破壊実験に使用した。

第1回の野外実験は日本鋼管株式会社大径管工場において、第2回は運輸省船舶技術研究所においてそれぞれ行われた。使用された圧力容器は2回とも図2に示す同形のもので、材質はWELTEN 60、最大使用圧力145 kg/cm²のエアボトル型アキュムレータの既使用のものである。

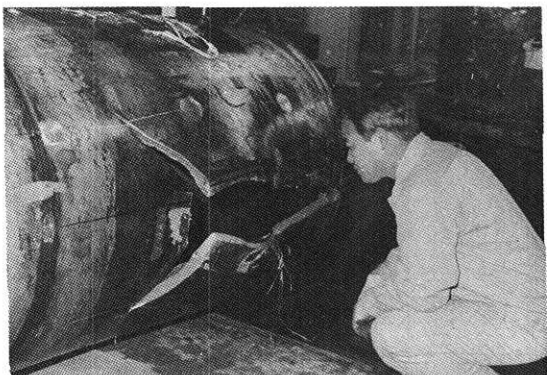
図2は容器断面および第2回の実験における展開図とセンサ配置である。容器の破壊を容易にするため、減厚部(厚さ18mm)と切欠が設けられた。第1回の時も同一面積の減厚部(ただし厚さ14~5mm)が設けられた。

第1回時には約130 kg/cm²付近からかなり良好な標定データが得られ約240 kg/cm²において減厚部から破壊した。第2回時には200 kg/cm²付近から減厚部および軸方向切欠から良好な標定データが得られ約388 kg/cm²において同じく減厚部分から破壊した。

図3に第2回の実験における減厚部の軸方向場所別累積標定数を示す。図4(a), (b)に第2回における破壊前および破壊後の容器の写真を示す。また図3のほかに軸方



(a)



(b)

図4 静水圧破壊試験における圧力容器の試験前の状態aおよび破壊後の状態b

向切欠からも良好な標定結果が得られ、2回とも脚の溶接部からの多数のAEが検出された。

5. 検討と評価

これまで本装置を実験に使用した結果から、静水圧破壊試験の後期においては良好な標定結果が得られることが確かめられた。また溶接欠陥についても良い標定結果を示した。装置および加圧方法に改良を加えた結果第2回の実験は第1回に比較しはるかに良い標定結果を示しており、ミクロな破壊挙動の解明にかなり役立つ可能性を示している。これらの実績から、本装置は一定しきい値をこえた入力AE信号から時間差を計測する方式のAE標定システムとしてはきわめてすぐれたもので、部分的な改良により完成の域に近づくものと考えられる。

しかし、今までの実験から、有効標定数が全入感数の約2%程度と少ないこと、またとくに破壊の初期にAE信号レベルが小さいために有効な標定が得難いことなどの問題点がある。これらは他のシステムにも共通の問題であり、本装置はむしろコスト・パフォーマンスの点できわめてすぐれた構成と考えられるが、さらに改良の必要がある。しかし、AE標定の性能を大幅に改善するには、以上の方法では限度があり、波形情報の利用がさらに必要となる。

6. あとがき

以上述べたように本装置は繰返しおよび静水圧試験において欠陥の発見および破壊予知などの設備診断に実用的に使用できるもので、防災上有効な手段を与え、本開発研究所の目的をはば達成したのと考えられる。しかし、さらに広範囲の災害防止のためには大型構造物の常時監視あるいは災害時の挙動記録に有効な装置が望まれる。本装置はこのような防災上の目的にもある程度適用できると思われるが、これらの目的を効率よく満たす装置を開発するためには、波形情報の高度利用、パースト性の信号処理、記憶の保存などの研究を続ける必要がある。

おわりに、日頃いろいろご助言を頂いている本所尾上守夫教授に感謝の意を表したい。また圧力容器の試験に際し、お世話いただいた日本鋼管株式会社ならびに船舶技術研究所の各位に深謝したい。さらに当初から開発に協力されとくにソフトウェアの開発および実験全般に尽力していただいた本所元助手嶋田淑男氏に感謝の意を表したい。

(1977年9月7日受理)

参 考 文 献

- 1) 尾上, 山口, 市川, 山田, 野口, 多チャンネルAE標定システム, 非破壊検査協会秋季大会予稿 II-1, 1972
- 2) 尾上, 山口, 市川, 嶋田, 野口, 多チャンネル・アコース

- ティック・エミッション標定システム, 電気学会全国大会予稿 1381, 1973
- 3) 同上, 多チャンネルA E標定システム, 生産研究, 25, 4, 1973
 - 4) 山口, 尾上, 市川, 嶋田, 南崎, アコースティック・エミッション標定システム, 計測自動制御学会学術講演会予稿 1151, 1973
 - 5) 山口, A Eの計測技術, 電気四学会連会大会シンポジウム予稿 288, 1973
 - 6) 尾上, 山口, 市川, 嶋田, 下間, 多チャンネル・アコースティック・エミッション標定システム (第2報), 電気学会全国大会予稿 1136, 1974
 - 7) 同上, 原子炉模型圧力容器の内圧繰返し疲労試験におけるA E標定について, 電気学会全国大会 1137, 1974
 - 8) 同上, 原子炉模型圧力容器の内圧繰返し疲労試験におけるA E標定について, 非破壊検査協会春季大会II-17, 1974
 - 9) 山口, アコースティック・エミッションの計測技術, 生産研究, 26, 4, 1974
 - 10) M. Onoe, K. Yamaguchi, H. Ichikawa, T. Shimada, Y. Shimozuma, Multichannel AE Source Location System and Its Application to Fatigue Test of Model Reactor Vessel, The Second Acoustic Emission Symposium, Tokyo, Session 2, 82~102, 1974
 - 11) 山口, 巨大構造物の破壊予知情報の収集と標定に関する研究—多チャンネルA E標定装置の開発, 生産研究, 27, 3,
 - 12) 山口, 嶋田, 下間, 阿藤, 多チャンネルA E標定システムの一方式, 電気学会全国大会予稿, 1520, 1975
 - 13) 尾上, 山口, 市川, 嶋田, 多チャンネルA E標定システムとその原子炉模型圧力容器の疲労試験への適用, 電気学会論文誌C, 95, 6, 1975
 - 14) 山口, 嶋田, 阿藤, 多チャンネルA E標定システムの一方式, 第14回SICE学術講演会予稿, 3705, 1975
 - 15) 同上, 多チャンネルA E標定システムの一方式, 生産研究 27, 10, 1975
 - 16) 山口, 市川, 嶋田, 阿藤, 多チャンネルA E標定システムの開発, 生産研究, 28, 3, 1976
 - 17) 山口, 市川, 嶋田, 阿藤, ユニット化された多チャンネルA E標定システムとその標定結果, 日本非破壊検査協会春季大会, II-5, 1976, 3
 - 18) 山口, 市川, 嶋田, 阿藤, A E標定ソフトウェアの一方式, 電気学会全国大会, 1188, 1976, 4
 - 19) 山口, 浜田, A Eによる大型構造物の異状監視および異常時挙動記録システム, 電気学会全国大会, 1189, 1976, 4
 - 20) K. Yamaguchi, H. Ichikawa, T. Shimada, H. Atoh, An Acoustic Emission Location System and Its Application to Hydrostatic Test of Pressure Vessel, The Third Acoustic Emission Symposium, Tokyo, Session 2, 67~84, 1976, 9
 - 21) 山口, 市川, 阿藤, 山上, 多チャンネルA E標定システムの開発, 生産研究, 29, 3, 1977
 - 22) 山口, 市川, 阿藤, 山上, 多チャンネルA E標定システムによる圧力容器静水圧破壊試験とそのA E標定結果, 電気学会全国大会予稿, 1578, 1977, 7
 - 23) 中井, 山口, A E信号波形のモデル化, 電気学会全国大会予稿, 1579, 1977, 7
 - 24) 中井, 山口, A E信号波形情報抽出の一方式, 第16回SICE学術講演会予稿, 1601, 1977, 8
 - 25) 山口, 市川, 阿藤, 山上, 中井, 人工欠陥を設けた圧力容器破壊実験におけるA E標定, 第16回SICE学術講演会予稿, 1602, 1977, 8
 - 26) 山口, 市川, 阿藤, 山上, 中井, 東大生研システムによるA E計測, 圧力技術, 第15巻第3号, 1977

